

# TELEMED-R, SISTEM DE TELEMONITORIZARE ECG FOLOSIND UNDE RADIO

Asist. ing. Cristian Rotariu, Conf. dr. ing. Hariton Costin

Facultatea de Bioinginerie Medicală, Univ. de Medicină și Farmacie "Gr. T. Popa", Iași

## 1. Introducere

Telemedicina este un domeniu interdisciplinar și în continuă creștere, cu rezultate care depășesc deja cadrul strict experimental. Astăzi pacienții pot fi monitorizați la distanță, salvându-se astfel timp, bani și confort. Informația medicală are în acest mod efecte pe termen lung asupra pacienților, dar și în ceea ce privește bugetul sănătății. Aplicațiile imediate ale unui astfel de sistem de monitorizare sunt în medicina de urgență și medicina de familie.

Prezentul proiect și realizare se referă la un prototip de sistem de telemedicină pentru monitorizarea cardiologică în timp real a pacienților, folosind undele radio ca suport al transmisiei electrocardiografei (ECG).

### *Obiective medicale ale proiectului*

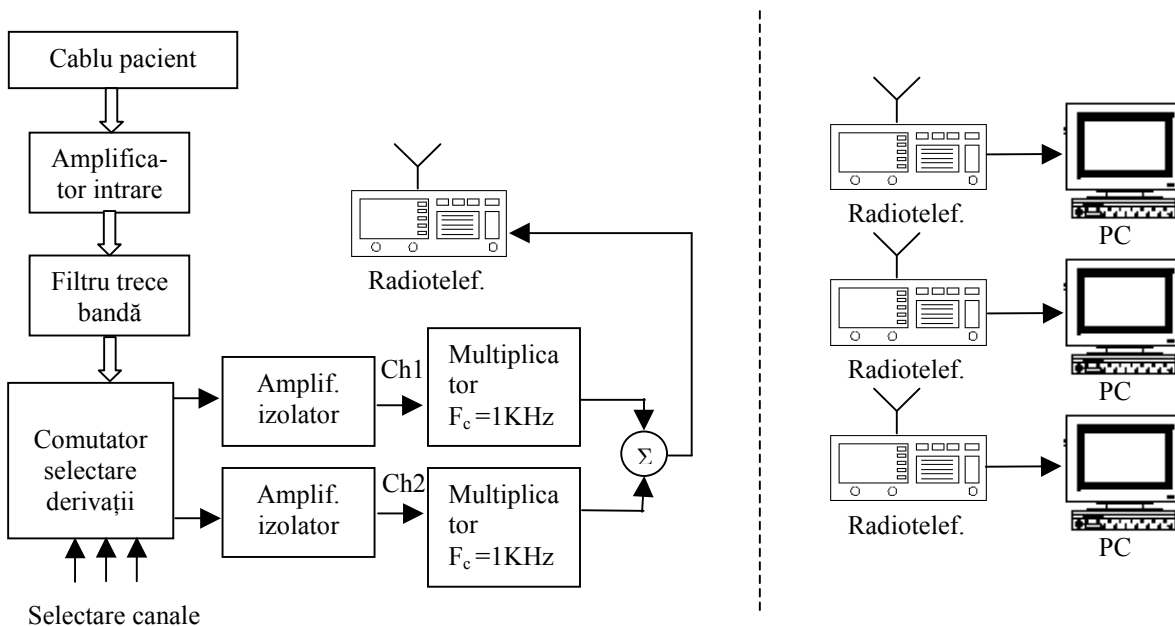
- Obiectiv principal: prevenirea deceselor datorate inexistenței ajutorului medical calificat în cardiologie, în puncte fixe din teritoriu sau pe timpul transportului pacienților spre unitatea de spital specializată, în medicina de urgență.
- Monitorizarea cardiologică a pacienților care au solicitat serviciul de ambulanță, pe parcursul transportului acestora către cea mai apropiată unitate de spital specializată.
- Acordarea primului ajutor la locul unde se află pacientul, sub supravegherea medicului specialist cardiolog.
- Telemonitorizarea, teleconsultarea și terapia pacienților aflați în dispensare comunale sau orășenești unde nu există specialiști cardiologi.

## Obiective economice

- Reducerea cheltuielilor legate de transportul nejustificat al pacienților către unitatea spitalicească specializată în cardiologie.
- Eliminarea costurilor de spitalizare pentru pacienții care pot fi tratați la domiciliu (în dispensare sau chiar acasă).

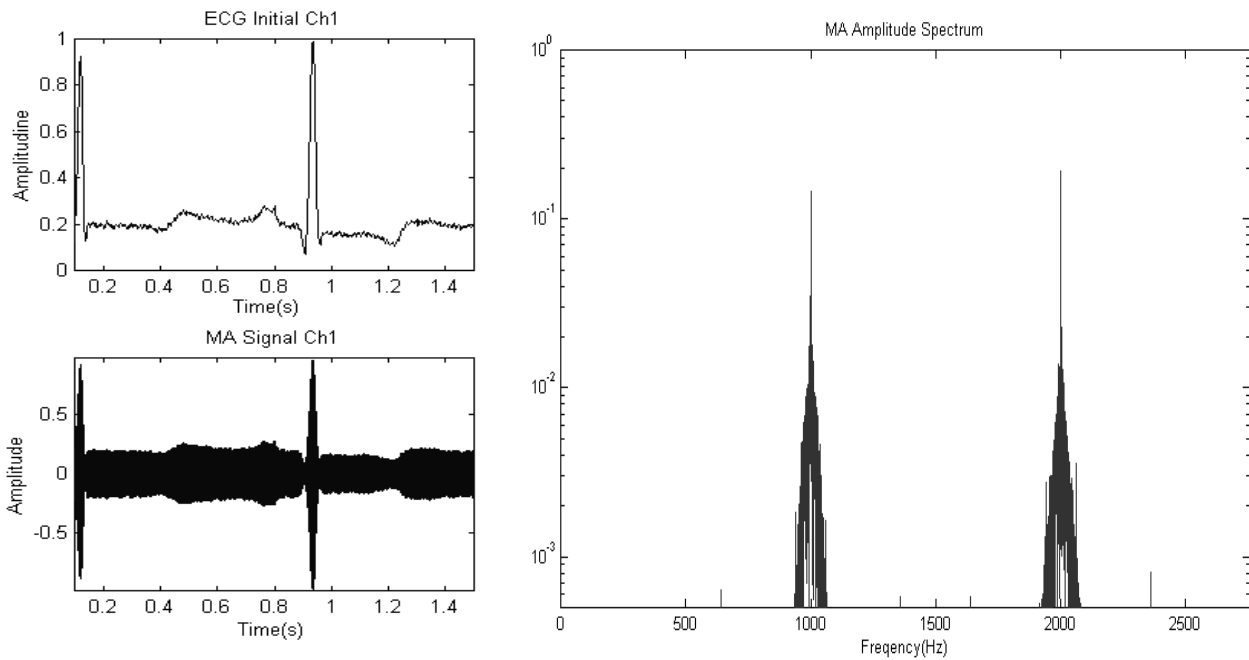
## 2. Materiale și metodă

Sistemul Telemed-R (Figura 1) este centrat pe două inițiți separabile dar interdependente: *unitatea de achiziție* și *unitatea de procesare*. Unitatea de achiziție (amplificatorul ECG) constă dintr-un set de circuite analogice (amplificatoare de instrumentație, modulate MA, filtre active, convertoare d.c.-d.c. etc). Unitatea de procesare este un calculator personal (PC) echipat cu o placă de achiziție National Instruments (PC-LPM-16 PnP). Modulația în amplitudine este necesară translării spectrului ECG (0.05 – 150 Hz) în banda vocală (300 – 3000 Hz) acceptată la intrarea unui radiotelefon mobil. Semnalul inițial (un canal) modulat, precum și spectrul de amplitudine al semnalului sumat sunt reprezentate în Figura 2.

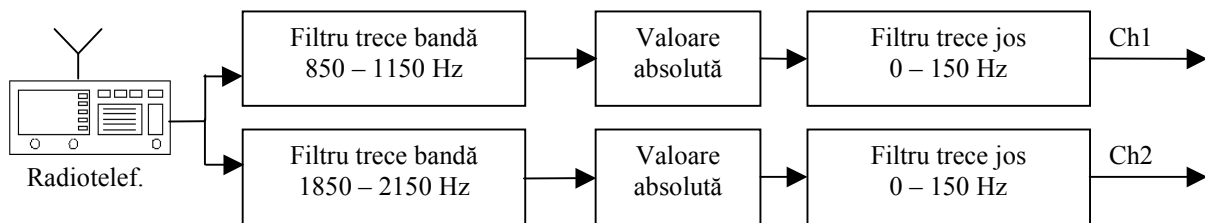


**Figura 1.** Diagrama bloc a sistemului de telemonitorizare radio Telemed-R

La recepție, semnalul este digitizat cu 12 bits rezoluție, la o viteză de 10 Keșantioane / sec. Demodularea este total software și se folosește schema din Figura 3.



**Figura 2.** Semnalul inițial, modulat cu  $F_{c1} = 1$  KHz și spectrul de amplitudine al semnalului sumat



**Figura 3.** Procesul de demodulare

### 3. Rezultate și discuție

*Software-ul de la recepție* este un program interactiv de vizualizare și analiză a ECG (Figura 4). El a fost scris folosind mediul de programare LABWindows CVI (National Instruments) [4][6][9]. Au fost implementate rutine speciale pentru funcții de vizualizare dedicate aplicației. De asemenea, există funcții pentru analiza morfologică a ECG (măsurarea unor intervale și amplitudini specifice), precum și pentru tipărire.

Partea principală a interfeței-utilizator constă dintr-o parte grafică pentru afișarea datelor (forme de undă) ECG, o zonă de control (constând din diverse butonane) și dintr-o zonă de afișare a informațiilor specifice. În realizarea noastră pot fi afișate până la 8 secunde de date ECG pe două canale, dar numărul canalelor poate fi mărit până la șase iar timpul de achiziție a ECG poate fi de ordinul minutelor. În plus, utilizatorul poate ajusta scara  $y$  (amplitudinea) a afișării. O bară de scroll este disponibilă pentru simplificarea trecerii rapide prin datele afișate.



**Figura 4.** Software de vizualizare și analiză pentru sistemul Telemed-R (ecran utilizator)

Analiza morfologică off-line a semnalului ECG furnizează parametrii principali folosiți interpretării medicale (diagnosticului) și a fost realizată utilizând algoritmi implementați în mediul de programare Matlab 5 [2][3][10]. De exemplu, parametrii obținuți prin analiza automată a unei înregistrări ECG pe 12 derivații sunt listați în Tabelul 1.

**Tabelul 1.** Analiză morfologică a ECG (12 derivații)

Derivație	Amplitudine [ $\mu\text{V}$ ]									Panta [ $\mu\text{V/s}$ ]	Durata (ms)		
	P+	P-	Q	R	S	ST60	ST80	T+	T-	ST	Q	R	S
I	171	0	-76	877	-130	-3	-3	320	0	250	18	42	24
II	248	0	-125	1302	-205	-8	-8	474	0	750	18	42	24
III	77	0	-49	425	-76	-5	-5	154	0	500	12	44	24
aVR	0	-209	0	100	-192	5	5	0	-397	-500	-	18	42
aVL	47	0	0	227	-28	1	1	84	0	0	-	38	26
aVF	163	0	-87	864	-140	-6	-6	314	0	750	18	42	24
VI	80	0	-46	451	-72	-3	-3	160	0	250	14	44	24
V2	168	0	-88	908	-143	-5	-4	327	0	750	18	42	24
V3	242	0	-126	1283	-205	-9	-7	463	0	750	18	42	24
V4	375	0	-185	1945	-303	-9	-9	712	0	1000	18	42	24
V5	247	0	-124	1305	-204	-8	-7	477	0	500	18	42	24
V6	182	0	-79	918	-133	-4	-3	338	0	500	18	42	24

Evaluarea acurateții transmiterii semnalului ECG a fost făcută folosind mărimea PRD (percentage root mean square difference – eroarea pătratică medie), care este o măsură a distorsiunii semnalului reconstruit (demodulat). Formula folosită este [7]:

$$PRD = \sqrt{\frac{\sum_{n=1}^N [x(n) - \tilde{x}(n)]^2}{\sum_{n=1}^N x^2(n)}} \times 100 ,$$

unde  $x(n)$  este semnalul original,  $\tilde{x}(n)$  este semnalul reconstruit, iar  $N$  este lungimea ferestrei de analiză. Testele au fost executate utilizând baza de date ECG “MIT-BIH Arrhythmia Database” [8].

Nr.	Semnal	Timp (min)	PRD
1	No. 100	1	6.7
		2	8.1
		3	9.4
2	No. 201	1	7.2
		2	7.9
		3	8.9
3	No. 107	1	2.1
		2	2.7
		3	2.8

#### 4. Concluzii

Acest proiect se referă la un sistem de telemonitorizare radio capabil să înregistreze 6 derivații ECG în mod continuu și cu rezoluție mărită, pentru perioade mari de timp. Partea analogică a sistemului este mică, are consum redus și nelinearități scăzute. În plus, sistemul este flexibil și modular, permițând achiziția și analiza unei game largi de alte biosemnale, de ex. EEG, EMG, EGG etc.

Sistemul are aplicații foarte utile în medicina de urgență (stațiile județene de ambulanță, unde sunt implementate rețele de radiotelefoane), medicina de familie, precum și pentru asistență medicală în locuri izolate (muntoase, Delta Dunării etc.).

Posibilitățile de dezvoltare și extindere a telemonitorizării pacienților o constituie transmisia biosemnalelor și a altor date medicale pe linie telefonică normală sau închiriată, prin rețeaua de

telefonie mobilă (GSM/GPRS) sau prin rețeaua Internet. Colectivul nostru de lucru a implementat modele experimentale pentru toate aceste posibilități de transmisie.

## **Bibliografie**

- [1] Jovanov, E., et al, "Real Time Holter Monitoring of Biomedical Signals", Proc. of DSPS'99 (DSP Technology and Education Conference), August 4-6, 1999, Houston, Texas
- [2] Gritzali, F., et al., "Detection of P and T waves in ECG", Comput. Biomed. Res., Vol.22, 1989, pp. 83-91.
- [3] Laguna, P., et al., "New algorithm for QT interval analysis in 24-hours holter ECG: performance and applications", Med. Biol. Eng. Comput., Vol.28, January 1990, pp. 67-73.
- [4] Pan, J., Tompkins, W.J., "A real-time QRS detection algorithm", IEEE Transactions on Biomedical Engineering, Vol. 32, No. 3, March 1985, pp. 230-236.
- [5] Rodriguez, A., et al., "A telecardiology system to support emergency medical services and intensive care units", Proc. of MEDICON 2001 (the IX-th Mediterranean Conf. on Medical and Biological Eng. and Computing), Pola, Croatia, 2001, Part 1, pp. 107-110.
- [6] Ruha, A., et al., "A real-time microprocessor QRS detector system with a 1-ms timing accuracy for the measurement of ambulatory HRV", IEEE Transactions on Biomedical Engineering, Vol. 44, No. 3, March 1997, pp. 159-167.
- [7] Zigel, Y, Cohen A, Katz A, "The Weighted Diagnostic Distortion (WDD) Measure for ECG Signal Compression, IEEE Transactions on Biomedical Engineering, Vol. 47, No .11, November 2000.
- [8] MIT-BIH database and Software Catalog, <http://ecg.mit.edu/dbinfo.html>
- [9] National Instruments CVI, Home Page, <http://www.natinst.com/cvi>
- [10] Matlab, Home Page, <http://www.mathworks.com>